

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 47 385 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 60 T 8/52
B 60 T 8/60
B 60 T 17/18

⑳ Aktenzeichen: 199 47 385.4
㉑ Anmeldetag: 1. 10. 1999
㉒ Offenlegungstag: 20. 4. 2000

DE 199 47 385 A 1

③① Unionspriorität:
10-281660 02. 10. 1998 JP

㉑ Anmelder:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP; Aisin Seiki
K.K., Kariya, Aichi, JP

㉒ Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

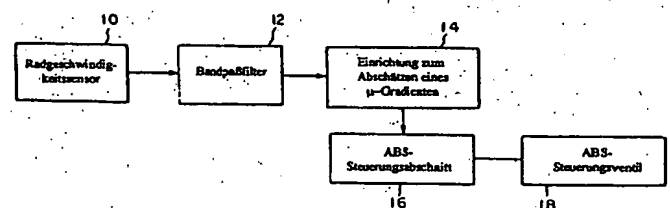
㉑ Erfinder:
Ito, Shoji, Toyota, Aichi, JP; Ono, Eiichi, Aichi, JP;
Sugai, Masaru, Aichi, JP; Umeno, Takaji, Aichi, JP;
Asano, Katsuhiko, Aichi, JP; Yamaguchi, Hiroyuki,
Aichi, JP; Onozawa, Satoru, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zum Abschätzen einer physikalischen Grösse und Vorrichtung und Verfahren für eine ABS-Steuerung

⑤⑤ In einen Bandpaßfilter (12) wird ein Radgeschwindigkeitssignal für jedes Rad, das durch einen Radgeschwindigkeitssensor (10) erfaßt worden ist, eingegeben. Signale von Frequenzbändern, die sich nicht auf die ungefederte Resonanz beziehen, werden anschließend von dem Radgeschwindigkeitssignal entfernt, und nur Signale von Frequenzbändern, die sich auf die ungefederte Resonanz beziehen, werden ausgegeben. Eine Einrichtung (14) zum Abschätzen eines Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten verwendet ein Online-Ermittlungsverfahren, um ein Dämpfungsverhältnis eines Resonanzmodells zweiter Ordnung, das einem Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell ähnlich ist, von dem Signal zu ermitteln, das von dem Bandpaßfilter 12 ausgegeben worden ist. Anschließend wird der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient von dem ermittelten Dämpfungsverhältnis abgeschätzt. Das Dämpfungsverhältnis des Resonanzmodells zweiter Ordnung entspricht dem Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten in der folgenden Art und Weise: wenn ermittelt wird, daß das Dämpfungsverhältnis klein ist, wird abgeschätzt, daß der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient groß ist; und wenn ermittelt wird, daß der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient groß ist, wird abgeschätzt, daß das Dämpfungsverhältnis klein ist.



DE 199 47 385 A 1

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, und insbesondere betrifft sie eine Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe, die sogar dann, wenn ein Phänomen einer ungedeferten Resonanz erzeugt wird, eine physikalische Größe genau abschätzen kann, welche sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, und insbesondere betrifft sie eine ABS-Steuerungsvorrichtung zum Steuern eines Bremsdruckes unter Verwendung dieser Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe.

Stand der Technik

Die japanische, offengelegte Patentanmeldung (JP-A) Nr. 10-114263 offenbart eine Vorrichtung zum Steuern eines Antiblockier-Bremssystems (ABS), um auf der Grundlage eines Dynamikmodelles betreffend eine Radverzögerung eine Berechnung durchzuführen, um den Drehmomentgradienten, d. h., den Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten (das Verhältnis zwischen der Fahrbahnoberfläche μ und dem Schlupf) von den zeitseriellen Daten eines Radgeschwindigkeitssignales abzuschätzen und um anschließend die Stellgröße der Bremskraft derart zu steuern, daß der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient Null ist. Der "Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient" hat hier die Bedeutung eines Reibungskoeffizienten μ zwischen dem Rad und der Fahrbahnoberfläche.

Wenn ein Fahrzeug von einer eisigen Fahrbahnoberfläche auf eine trockene Fahrbahnoberfläche fährt, während die Bremskraft durch die oben beschriebene ABS-Steuerungsvorrichtung derart gesteuert wird, daß sie sich auf dem maximalen Wert befindet, wird anschließend, wie es in Fig. 1A gezeigt ist, in der Radgeschwindigkeit ein Schwingungsphänomen erzeugt. Dieses Schwingungsphänomen in der Radgeschwindigkeit bewirkt, daß sich die Genauigkeit, mit der der μ -Gradient abgeschätzt wird, verringert. Wie in Fig. 1B gezeigt ist, wird auch in einigen Fällen eine Verzögerung bei der Anpassung der ABS-Steuerung erzeugt.

Die Erfinder dieser Patentanmeldung entdeckten, daß dieses Schwingungsphänomen in der Radgeschwindigkeit aufgrund einer Resonanzbewegung zwischen den Reifen und der Aufhängung in der Längsrichtung des Fahrzeuges verursacht wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abschätzen einer physikalischen Größe zu schaffen, die sogar dann, wenn zwischen Reifen und einer Aufhängung eine Längsresonanzbewegung erzeugt wird, eine physikalische Größe, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, genau abschätzen können.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 und 13 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die vorliegende Erfindung weist auf: eine Radgeschwindigkeitserfassungseinrichtung, um eine Radgeschwindigkeit zu erfassen und um ein Radgeschwindigkeitssignal auszugeben; und eine Einrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe, um aus dem Radgeschwindigkeitssignal einen Parameter eines physikalischen Modelles zu identifizieren bzw. ermitteln, der Eigenschaften betreffend eine ungedeferte Resonanz darstellt, und um von dem ermittelten Parameter eine physikalische Größe abzuschätzen, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht.

Erfindungsgemäß wird die Radgeschwindigkeit durch die Radgeschwindigkeitserfassungseinrichtung erfaßt und es wird ein Radgeschwindigkeitssignal ausgegeben. Die Einrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe ermittelt aus dem Radgeschwindigkeitssignal den Parameter eines physikalischen Modelles, der die ungedeferte Resonanz darstellt, und sie schätzt von dem ermittelten Parameter eine physikalische Größe, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, ab.

Das physikalische Modell der vorliegenden Erfindung kann ein Resonanzmodell sein, das als die ungedämpfte natürliche Frequenz die Frequenz einer ungedeferten Resonanz bzw. die ungedeferte Resonanzfrequenz aufweist. In diesem Fall schätzt die Einrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe auf der Grundlage des Dämpfungsverhältnisses des Resonanzmodelles eine physikalische Größe ab, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht.

In der vorliegenden Erfindung kann die physikalische Größe sogar dann, wenn ein Phänomen betreffend eine ungedeferte Resonanz erzeugt wird, genau abgeschätzt werden, weil ein Parameter eines physikalischen Modelles, der die Eigenschaften betreffend eine ungedeferte Resonanz darstellt, ermittelt wird und weil aus dem ermittelten Parameter eine physikalische Größe abgeschätzt wird, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht.

Die vorliegende Erfindung kann bei einer ABS-Steuerungsvorrichtung verwendet werden, um auf der Grundlage der abgeschätzten physikalischen Größe einen Bremsdruck zu steuern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Fig. 1A und 1B zeigen die Ergebnisse von einem Versuch, bei dem eine herkömmliche ABS-Steuerungsvorrichtung verwendet wird, wenn ein Fahrzeug von einer eisigen Fahrbahnoberfläche auf eine trockene Fahrbahnoberfläche fährt. Fig. 1A ist ein Liniendiagramm, das das Verhältnis zwischen einer Radgeschwindigkeit und einer Zeit darstellt, während Fig. 1B ein Liniendiagramm ist, das das Verhältnis zwischen einem Radzylinderdruck und einer Zeit darstellt.

Fig. 2 ist eine Strukturdarstellung, die ein Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell darstellt.

Fig. 3A und 3B zeigen Verhältnisse zwischen einem Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten und den Aufhängung-Rad-Resonanz-Eigenschaften. Fig. 3A ist ein Liniendiagramm, das das Verhältnis zwischen der Frequenz und der Verstärkung darstellt, während Fig. 3B ein Liniendiagramm ist, das das Verhältnis zwischen der Frequenz und der Phase darstellt.

Fig. 4A bis 4C zeigen die Ergebnisse hinsichtlich einer Ermittlung des Dämpfungsverhältnisses in dem Versuch, in dem ein Fahrzeug mit einer ABS-Steuerungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung von einer eisigen Oberfläche auf eine trockene Oberfläche fährt. Fig. 4A ist ein Liniendiagramm, das Änderungen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Radgeschwindigkeit über der Zeit zeigt, Fig. 4B ist ein Liniendiagramm, das Änderungen des Hauptzylinderdruckes und des Radzylinderdruckes über der Zeit zeigt, und Fig. 4C ist ein Liniendiagramm, das Änderungen des Dämpfungsverhältnisses über der Zeit zeigt.

Fig. 5A bis 5C zeigen die Ergebnisse einer ABS-Steuerung, die Werte zum Ermitteln eines Dämpfungsverhältnisses gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Fig. 5A ist ein Liniendiagramm, das Änderungen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Radgeschwindigkeit über der Zeit zeigt, Fig. 5B ist ein Liniendiagramm, das Änderungen des Hauptzylinderdruckes und des Radzylinderdruckes über der Zeit zeigt, und Fig. 5C ist ein Liniendiagramm, das Änderungen des Dämpfungsverhältnisses über der Zeit zeigt.

Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, in welchem in einer ABS-Steuerungsvorrichtung die Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

BESCHREIBUNG EINER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

Im folgenden wird in Bezug auf die Figuren eine Ausführungsform detailliert beschrieben, in welcher die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe in einer ABS-Steuerungsvorrichtung verwendet wird.

Wie in Fig. 6 gezeigt ist, ist die erfindungsgemäße ABS-Steuerungsvorrichtung mit einem Radgeschwindigkeitssensor 10 versehen, der die Radgeschwindigkeit von jedem der vier Räder eines Fahrzeuges erfaßt und als ein Radgeschwindigkeitssignal ein Signal, wie z. B. ein elektrisches Signal oder ein numerisches Signal, das der Radgeschwindigkeit entspricht, ausgibt. Mit dem Ausgangsanschluß des Radgeschwindigkeitssensors 10 ist ein Bandpaßfilter 12 verbunden. Der Bandpaßfilter 12 entfernt von dem Radgeschwindigkeitssignal Signale von Frequenzbändern, die sich nicht auf die ungefederte Resonanz beziehen, und er leitet nur Signale von Frequenzbändern weiter, die sich auf die ungefederte Resonanz beziehen.

Mit dem Ausgangsanschluß des Bandpaßfilters 12 ist eine Einrichtung 14 zum Abschätzen eines μ -Gradienten verbunden. Die Einrichtung 14 zum Abschätzen eines μ -Gradienten verwendet ein Online-Ermittlungsverfahren, um als einen Parameter das Dämpfungsverhältnis eines Resonanzmodelles zweiter Ordnung zu ermitteln, das dem Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell sehr ähnelt, welches ein physikalisches Modell ist, das Eigenschaften betreffend eine ungefederte Resonanz von dem von dem Bandpaßfilter 12 ausgegebenen Signalen darstellt. Die Einrichtung 14 zum Abschätzen eines μ -Gradienten schätzt anschließend aus dem ermittelten Dämpfungsverhältnis den Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten (der unterhalb einfach als der μ -Gradient bezeichnet wird) ab, welcher eine der physikalischen Größen ist, die sich darauf beziehen, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht. Es ist anzumerken, daß der Radgeschwindigkeitssensor 10, der Bandpaßfilter 12 und die Einrichtung 14 zum Abschätzen eines Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe bilden.

Mit dem Ausgangsanschluß der Einrichtung 14 zum Abschätzen eines μ -Gradienten ist ein ABS-Steuerungsabschnitt 16 verbunden. Der ABS-Steuerungsabschnitt 16 berechnet die Stellgröße der auf jedes Rad wirkenden Bremskraft derart, daß der μ -Gradient Null oder ein kleiner positiver Wert nahe Null ist. Mit dem Ausgangsanschluß des ABS-Steuerungsabschnittes 16 ist ein ABS-Steuerungsventil 18 verbunden, das den Raddruck steuert.

Erfindungsgemäß wird das von dem Radgeschwindigkeitssensor 10 ausgegebene Radgeschwindigkeitssignal in den Bandpaßfilter 12 eingegeben und es werden von dem Bandpaßfilter 12 nur Signale ausgegeben, die sich auf die ungefederte Resonanz beziehen. Es werden Signale in dem Frequenzband, die sich auf die ungefederte Resonanz beziehen, zu der Einrichtung 14 zum Abschätzen eines μ -Gradienten ausgegeben und der μ -Gradient wird in dem unterhalb erklärten Verfahren abgeschätzt. Anschließend wird die Stellgröße der auf jedes Rad wirkenden Bremskraft durch den ABS-Steuerungsabschnitt 16 derart berechnet, daß der μ -Gradient Null oder ein kleiner positiver Wert nahe Null ist. Anschließend wird durch das ABS-Steuerungsventil 18, das gemäß dieser Stellgröße gesteuert wird, der Hauptbremsdruck gesteuert.

Als nächstes wird das Prinzip zum Abschätzen des μ -Gradienten der vorliegenden Ausführungsform erklärt. Als erstes wird die Beziehung zwischen Resonanzeigenschaften und einem μ -Gradienten erläutert. Die Resonanzeigenschaften sind die Eigenschaften, die dann erzielt werden, wenn gefordert wird, daß als ein Modell zum Ausdrücken der Eigenschaften einer Radgeschwindigkeitsresonanz ein Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell verwendet wird, das die ungefederten Eigenschaften berücksichtigt. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, wird dieses Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell dadurch gebildet, daß ein Reifen T mittels einer Aufhängung S mit einem Fahrzeugkörper B verbunden ist.

Die Bewegungsgleichung (das Resonanzmodell zwischen den Reifen und der Aufhängung in der Längsrichtung des Fahrzeuges), die Beeinträchtigungen um den Gleichgewichtspunkt in Fig. 2 ausdrückt, ergibt sich aus den folgenden Formeln (1) und (2).

$$I : \dot{\omega} = r \cdot F - u \quad (1)$$

$$m \cdot \ddot{x} = -k \cdot x - c \cdot \dot{x} - F \quad (2)$$

worin I das Radträgheitsmoment (beispielsweise 0,8 Kgm²), m die Masse des Rades (beispielsweise 10 kg), r der effektive Radius des Reifens (beispielsweise 0,3 m), k die Federkonstante (beispielsweise 2,0 × 10⁵ N/m), c die Dämpfungskonstante (beispielsweise 100 Ns/m), F die Reifenreibungskraft, μ das Bremsdrehmoment, das in das Aufhängung-Rei-

fen-Resonanz-Modell eingegeben wird, ω die Radwinkelgeschwindigkeit und x die ungefederte Längsverschiebung sind.

Wenn sich die Reifenreibungskraft F aus der folgenden Formel (3) ergibt, ergibt sich die Übertragungsfunktion $G_{wu}(s)$ von dem Bremsdrehmoment zu der Radwinkelgeschwindigkeit durch die folgende Formel (4):

$$F = k_t \cdot N \cdot \frac{x - r \cdot \omega}{v_0} \quad (3)$$

10 worin k_t der μ -Gradient, N die Radlast (beispielsweise 3000 N) und v_0 die Fahrzeuggeschwindigkeit (beispielsweise 10 m/s) sind:

$$G_{wu}(s) = \frac{mv_0 \cdot s^2 + (Nk_t + cv_0) \cdot s + kv_0}{mlv_0 \cdot s^2 + (Nk_t I + cv_0 I + mr^2 Nk_t) \cdot s^2 + (kv_0 I + cr^2 Nk_t) \cdot s + kr^2 Nk_t} \quad (4)$$

Fig. 3A und 3B sind Bode-Diagramme der Formel (4), wenn der μ -Gradient k_t 2, 5, 10 und 20 ist. Aus den Fig. 3A und 3B ist ersichtlich, daß die Eigenschaften beginnen, ein Schwingen zu zeigen, wenn der μ -Gradient zunimmt und in den Reifeneigenschaften eine Grenzwert erzeugt wird.

20 Als nächstes wird die Abschätzung des μ -Gradienten erklärt. Die Abschätzung des μ -Gradienten kann auf der Grundlage der Formel (4) durchgeführt werden. Diese Erklärung verwendet jedoch das Resonanzmodell zweiter Ordnung von Formel (5) (welche eine Vereinfachung der Formel (4) ist), die dazu führt, daß die ungefederte Resonanzfrequenz zu einer natürlichen Frequenz wird.

$$G_{wu}(s) = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2} \quad (5)$$

30 worin K eine normal Verstärkung, ω_n die ungedämpfte natürliche Frequenz und ζ das Dämpfungsverhältnis sind. Außerdem werden anstatt, daß eine Abschätzung des μ -Gradienten direkt durchgeführt wird, das Dämpfungsverhältnis ζ dieses Modells ermittelt und der μ -Gradient von diesem ermittelten Dämpfungsverhältnis ζ abgeschätzt. Der μ -Gradient k_t und das Dämpfungsverhältnis ζ bilden das ungefähre unten aufgeführte Verhältnis, das eine inverse Zahl darstellt.

Demgemäß kann dadurch, daß das Dämpfungsverhältnis ermittelt wird, der μ -Gradient unter Verwendung der obigen Formel abgeschätzt werden. Die Resonanzeigenschaften in der natürlichen Frequenz sind klarer, je geringer das Dämpfungsverhältnis des Resonanzmodells zweiter Ordnung ist. Daher wird dann, wenn das Dämpfungsverhältnis als gering ermittelt wird, der μ -Gradient als groß abgeschätzt. Im umgekehrten Fall wird der μ -Gradient als gering abgeschätzt, wenn das Dämpfungsverhältnis als groß ermittelt wird.

Die folgende Formel (6), die durch Umstellen der Radgeschwindigkeit und des Bremsdrehmomentes von der obigen Formel (5) erzielt wird, wird verwendet, um die Ermittlung des Dämpfungsverhältnisses zu erläutern:

$$2\zeta \omega_n s w = -s^2 w - \omega_n^2 w + K \omega_n^2 u \quad (6)$$

Wie unterhalb erläutert wird, kann in der Formel (6) das Bremsdrehmoment u , das ein Eingabefaktor ist, ignoriert werden, die Formel (7), die durch Ignorieren des Bremsdrehmomentes erzielt wird, kann diskret gemacht werden, und das Dämpfungsverhältnis kann dadurch ermittelt werden, daß bei der Formel (11), die dadurch erzielt wird, daß die Formel (7) diskret gemacht wird, ein Online-Ermittlungsverfahren angewandt wird.

Als erstes wird die Formel (6) durch die folgende Formel (7) ausgedrückt, wenn die Eingabe des Bremsdrehmomentes ignoriert wird:

$$2\zeta \omega_n s w = -s^2 w - \omega_n^2 w \quad (7)$$

Die Formel (7) wird durch Substituieren der Tustin-Transformation der folgenden Formel (8) in Formel (7) diskret gemacht:

$$s = \frac{2(z-1)}{\tau(z+1)} \quad (8)$$

worin τ die Abtastdauer ist.

Es ist anzumerken, daß als das Verfahren, mit dem eine Formel diskret gemacht wird, das Rückwärts Eulersche Verfahren bzw. implizite Eulersche Verfahren (Euler's backward method), das unterhalb in Formel (9) ausgedrückt ist, sowie das Tustin-Transformationsverfahren verwendet werden können:

$$s = \frac{z-1}{\tau z} \quad (9)$$

Die Formel (7), die sich aus der Tustin-Transformation ergibt, kann wie in folgender Formel (10) umgestellt werden.

$$4\omega_n \tau (z^2 - 1) w \zeta = (\omega_n^2 \tau^2 + 4)(z^2 + 1) w + (2\omega_n^2 \tau^2 - 8) w \quad (10)$$

Die Formel (10) kann als ein Zeitbereich ausgedrückt werden, der folgende Formel (11) ergibt.

$$\phi \zeta = y$$

worin

$$\zeta = 4 \omega_n \tau (w[i-2] - w[i]) y = (\omega_n^2 \tau^2 + 4)(w[i-2] + w[i]) + (2\omega_n^2 \tau^2 - 8)w[i-1] \quad (11)$$

Die Formel (11) ist hier dadurch erzielt worden, daß 1 die Formel (7) diskret gemacht worden ist, und daher entspricht Formel (11) der Formel (7). Somit können die physikalischen Bedeutungen von ϕ und y wie folgt interpretiert werden. ϕ ist die physikalische Größe, die der Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit entspricht, während y die physikalische Größe ist, die der Radgeschwindigkeit und der Änderung der Radgeschwindigkeit entspricht.

Anschließend wird bei der Formel (11) das Online-Ermittlungsverfahren angewandt. Hier wird das Dämpfungsverhältnis ζ unter Verwendung des Hilfsvariablenverfahrens (instrumental variable method) ermittelt. Der Algorithmus, der das Hilfsvariablenverfahren verwendet, wird derart ausgedrückt, wie es unterhalb in Formel (12) gezeigt ist:

$$z = w[i-3]$$

$$H = \frac{P[i-1]z}{\lambda + \phi P[i-1]z}$$

$$\theta[i] = \theta[i-1] + H \cdot (y - \phi \cdot \theta[i-1])$$

$$P[i] = \frac{1}{\lambda} (1 - H \phi) \cdot P[i-1] \quad (12)$$

worin λ ein vernachlässigbarer Koeffizient ist.

Die Fig. 4A bis 4C zeigen die Ergebnisse, wenn das Dämpfungsverhältnis unter Verwendung des Hilfsvariablenverfahrens ermittelt wird. Die Figuren zeigen, daß nachdem das Rad auf die trockene Oberfläche gefahren ist, gemäß den Schwingungseigenschaften der ermittelte Wert des Dämpfungsverhältnisses geringer wird. Mit anderen Worten, der μ -Gradient wird größer und in den Bremskrafteigenschaften wird ein Grenzwert erzeugt. Somit ist ersichtlich, daß eine geeignete Ermittlung durchgeführt worden ist.

Die Fig. 5A bis 5C zeigen die Ergebnisse eines Versuches, in welchem an dem Punkt, wenn der Schätzwert des Dämpfungsverhältnisses unterhalb 0,4 gefallen ist, bestimmt wird, daß der μ -Gradient groß ist und in den Bremskrafteigenschaften ein Grenzwert erzeugt worden ist. Mit anderen Worten, es wird bestimmt, daß das Rad auf eine (trockene) Fahrbahnoberfläche mit einem großen μ gefahren ist, und der hydraulische Bremsdruck wird derart erzeugt, daß er mit einer passenden Rate auf einen Druck ansteigt, der für eine Oberfläche mit einem großen μ geeignet ist (wie es durch den rampenförmigen Abschnitt der grafischen Darstellung in Fig. 4B gezeigt ist). Auf diese Art und Weise kann eine ausreichende Eignung für die Fahrbahnoberfläche erzielt werden.

Es ist anzumerken, daß oberhalb ein Beispiel erklärt worden ist, in welchem das Dämpfungsverhältnis unter Verwendung eines Hilfsvariablenverfahrens ermittelt worden ist. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf dieses und andere Ermittlungsverfahren eingeschränkt, so daß zum Ermitteln des Dämpfungsverhältnisses beispielsweise die Methode der kleinsten Quadrate verwendet werden kann.

Außerdem kann die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe auch zum Bestimmen von Fahrbahnoberflächenzuständen oder dem Zustand eines Fahrzeuges verwendet werden.

Darüber hinaus ist oberhalb ein Beispiel erklärt worden, in welchem der μ -Gradient, der eine der physikalischen Größen ist, die sich darauf beziehen, wie leicht ein Fahrzeugrad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, abgeschätzt worden ist. Wie auch aus Formel (4) jedoch zu verstehen ist, wird die Übertragungsfunktion $G_{wu}(s)$ auch durch Änderungen der Radlast und der Fahrzeuggeschwindigkeit geändert. Demgemäß kann die abgeschätzte Größe eine Größe sein, in welcher wenigstens eine der Änderungen, nämlich die Änderung der Radlast oder die Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit, zudem μ -Gradienten addiert worden ist, der eine der physikalischen Größen ist, die sich darauf beziehen, wie leicht ein Rad eines Fahrzeuges auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht.

Es wird in einen Bandpaßfilter 12 ein Radgeschwindigkeitssignal für jedes Rad, das durch einen Radgeschwindigkeitssensor 10 erfaßt worden ist, eingegeben. Signale von Frequenzbändern, die sich nicht auf die ungefederte Resonanz beziehen, werden anschließend von dem Radgeschwindigkeitssignal entfernt, und nur Signale von Frequenzbändern, die sich auf die ungefederte Resonanz beziehen, werden ausgegeben. Eine Einrichtung 14 zum Abschätzen eines Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten verwendet ein Online-Ermittlungsverfahren, um ein Dämpfungsverhältnis eines Resonanzmodelles zweiter Ordnung, das einem Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell ähnlich ist, von dem Signal zu ermitteln, das von dem Bandpaßfilter 12 ausgegeben worden ist. Anschließend wird der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient von dem ermittelten Dämpfungsverhältnis abgeschätzt. Das Dämpfungsverhältnis des Resonanzmodelles zweiter Ordnung entspricht dem Fahrbahnoberflächen- μ -Gradienten in der folgenden Art und Weise: wenn ermittelt wird, daß das Dämpfungsverhältnis klein ist, wird abgeschätzt, daß der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient groß ist; und wenn ermittelt wird, daß der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient groß ist, wird abgeschätzt, daß das Dämpfungsverhältnis klein ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe, mit:
einer Radgeschwindigkeitserfassungseinrichtung (10) zum Erfassen der Geschwindigkeit eines Rades und zum

Ausgeben eines Radgeschwindigkeitssignales; und

einer Einrichtung (14) zum Abschätzen einer physikalischen Größe, um von dem Radgeschwindigkeitssignal einen Parameter eines physikalischen Modelles zu ermitteln, der Eigenschaften betreffend eine ungedämpfte Resonanz ausdrückt, und um von dem ermittelten Parameter eine physikalische Größe abzuschätzen, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht.

2. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 1, worin das physikalische Modell ein Resonanzmodell ist, das als eine ungedämpfte natürliche Frequenz eine ungedämpfte Resonanzfrequenz aufweist, und worin die Einrichtung (14) zum Abschätzen einer physikalischen Größe die physikalische Größe auf der Grundlage eines Dämpfungsverhältnisses des Resonanzmodelles abschätzt.

3. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 1, worin die physikalische Größe, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, ein Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient ist, welcher ein Verhältnis zwischen einem Fahrbahnoberflächen- μ und einem Schlupf ist.

4. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 3, worin das physikalische Modell ein Resonanzmodell ist, die als eine ungedämpfte natürliche Frequenz eine ungefederte Resonanzfrequenz aufweist, worin der Parameter ein Dämpfungsverhältnis des Resonanzmodelles ist und worin sich der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient und das Dämpfungsverhältnis in einem umgekehrten Verhältnis befinden.

5. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 1, worin das physikalische Modell ein Resonanzmodell zwischen einem Reifen und einer Aufhängung in einer Längsrichtung eines Fahrzeugs ist.

6. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 5, worin das Resonanzmodell eine Gleichung ist, die ein Verhältnis zwischen einer physikalischen Größe, welche einer Änderung der Radgeschwindigkeit entspricht, einer physikalischen Größe, welche der Radgeschwindigkeit und der Änderung der Radgeschwindigkeit entspricht, und einem Dämpfungsverhältnis des Resonanzmodelles ausdrückt.

7. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 5, worin das Resonanzmodell ein Resonanzmodell zweiter Ordnung ist.

8. Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 1, die außerdem einen Bandpaßfilter (12) aufweist, der nur Signale von Frequenzbändern weiterleitet, die sich auf die ungefederte Resonanz beziehen, worin die Einrichtung (14) zum Abschätzen einer physikalischen Größe von den Signalen, die durch den Bandpaßfilter (12) hindurchgegangen sind, den Parameter ermittelt.

9. ABS-Steuerungsvorrichtung, mit:

der Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 1; und

einer Steuerungseinrichtung (16) zum Steuern eines Bremsdrucks auf der Grundlage einer physikalischen Größe, die durch die Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe abgeschätzt worden ist.

10. ABS-Steuerungsvorrichtung nach Anspruch 9, worin die physikalische Größe, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht, ein Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient ist, der ein Verhältnis zwischen einem Fahrbahnoberflächen- μ und einem Schlupf ist, und worin die Steuerungseinrichtung (16) den Bremsdruck derart steuert, daß der Fahrbahnoberflächen- μ -Gradient Null oder ungefähr Null ist.

11. ABS-Steuerungsvorrichtung nach Anspruch 9, worin die Steuerungseinrichtung (16) den Bremsdruck rampenartig erhöht, so daß der Bremsdruck an eine Fahrbahnoberflächen mit einem großen μ angepaßt wird, wenn die Steuerungseinrichtung (16) auf der Grundlage der physikalischen Größe beurteilt, daß das Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit einem großen μ gefahren ist.

12. ABS-Steuerungsvorrichtung, mit:

der Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 2; und

einer Steuerungseinrichtung (16) zum Steuern eines Bremsdruckes auf der Grundlage einer physikalischen Größe, die durch die Vorrichtung zum Abschätzen einer physikalischen Größe abgeschätzt worden ist.

13. Verfahren zum Abschätzen einer physikalischen Größe, mit den folgenden Schritten:

Erfassen einer Geschwindigkeit von einem Rad und Ausgeben eines Radgeschwindigkeitssignales;

Ermitteln eines Parameters eines physikalischen Modelles aus dem Radgeschwindigkeitssignal, der Eigenschaften betreffend eine ungefederte Resonanz ausdrückt; und

Abschätzen einer physikalischen Größe aus dem ermittelten Parameter, die sich darauf bezieht, wie leicht ein Rad auf einer Fahrbahnoberfläche rutscht.

14. Verfahren zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 13, worin das physikalische Modell ein Resonanzmodell ist, das als eine ungedämpfte natürliche Frequenz eine ungefederte Resonanzfrequenz aufweist, und wenn eine Abschätzung der physikalischen Größe durchgeführt worden ist, wird die physikalische Größe auf der Grundlage eines Dämpfungsverhältnisses des Resonanzmodelles abgeschätzt.

15. ABS-Steuerungsverfahren, in welchem ein Bremsdruck auf der Grundlage einer physikalischen Größe gesteuert wird, die unter Verwendung des Verfahrens zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 13 abgeschätzt worden ist.

16. ABS-Steuerungsverfahren, in welchem ein Bremsdruck auf der Grundlage einer physikalischen Größe gesteuert wird, die unter Verwendung des Verfahrens zum Abschätzen einer physikalischen Größe nach Anspruch 14 abgeschätzt worden ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

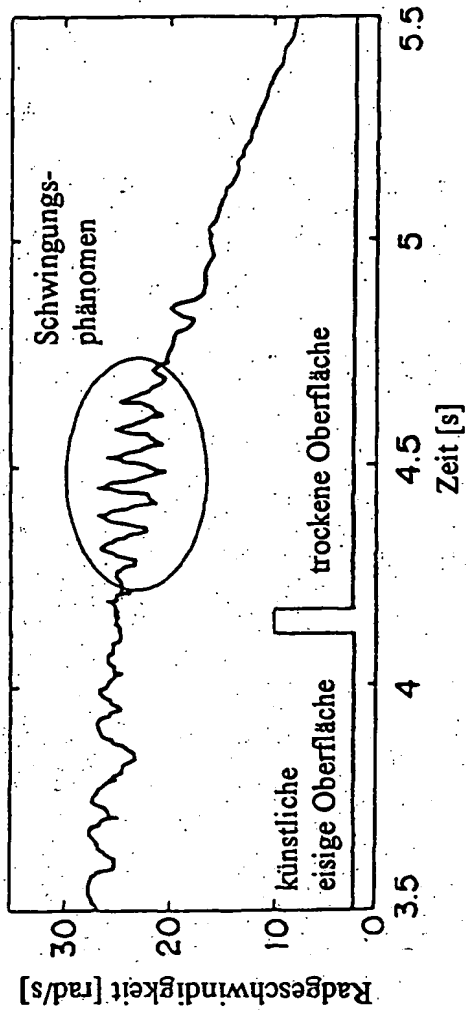


FIG. 1A
Stand der Technik

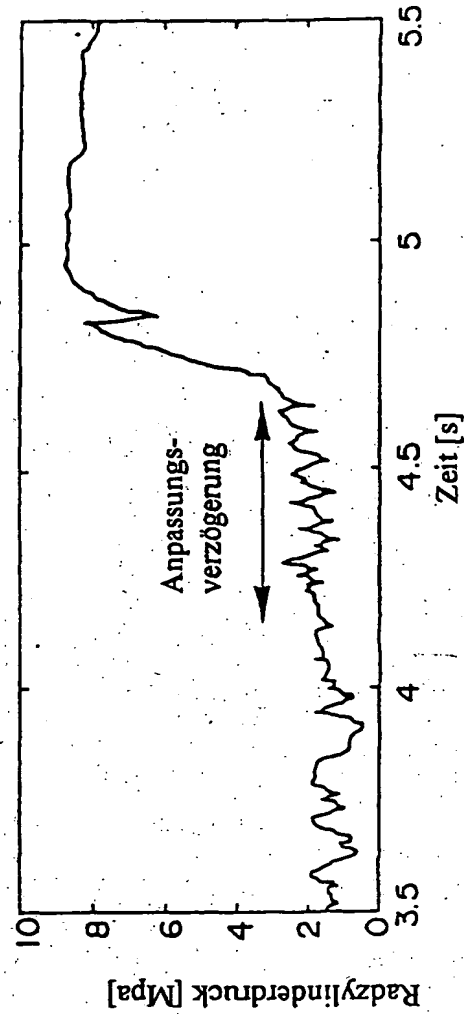
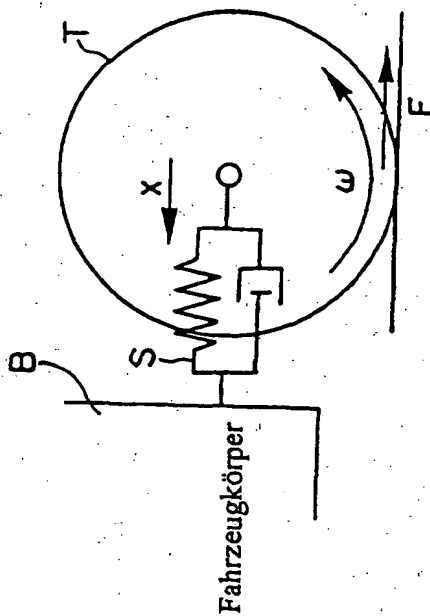


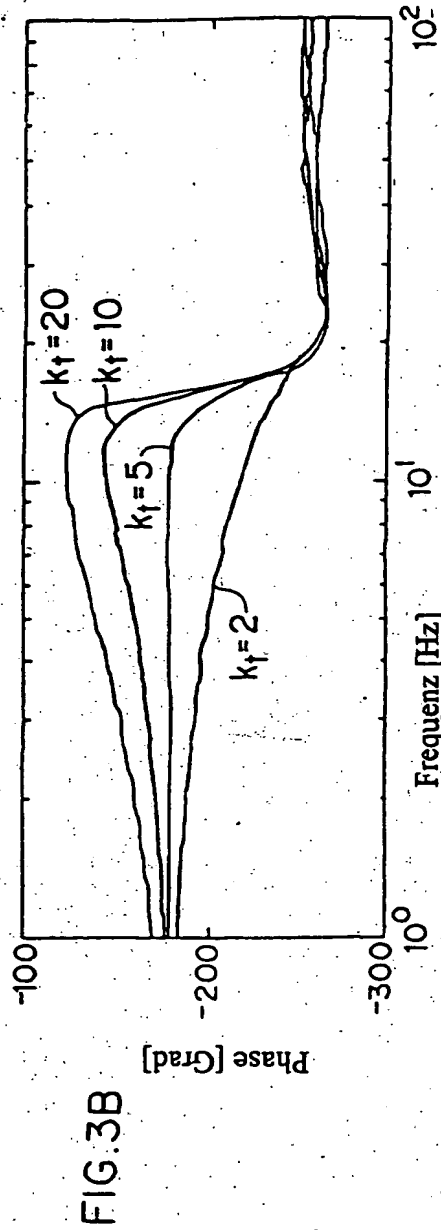
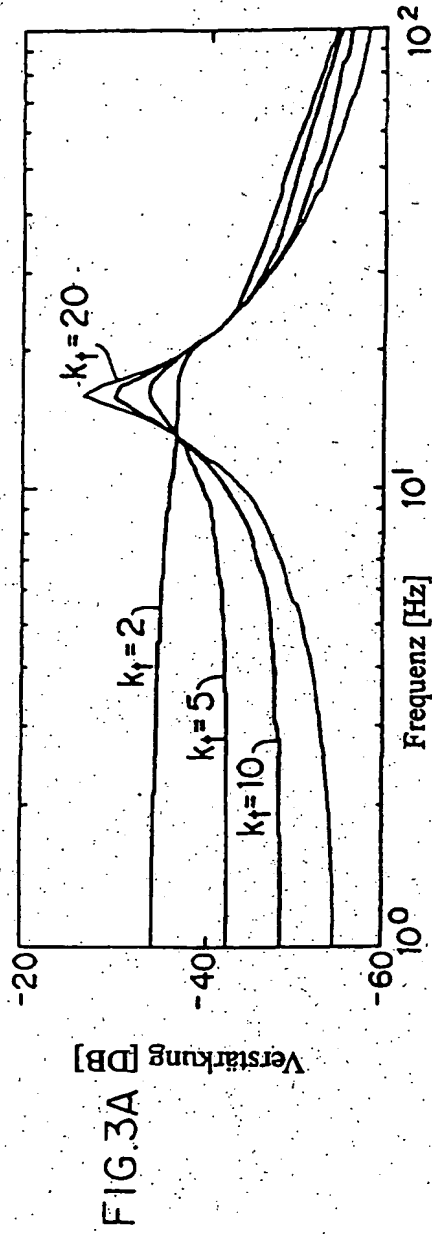
FIG. 1B
Stand der Technik

Versuch hinsichtlich eines Übergangs von einer eisigen Oberfläche auf eine trockene Oberfläche

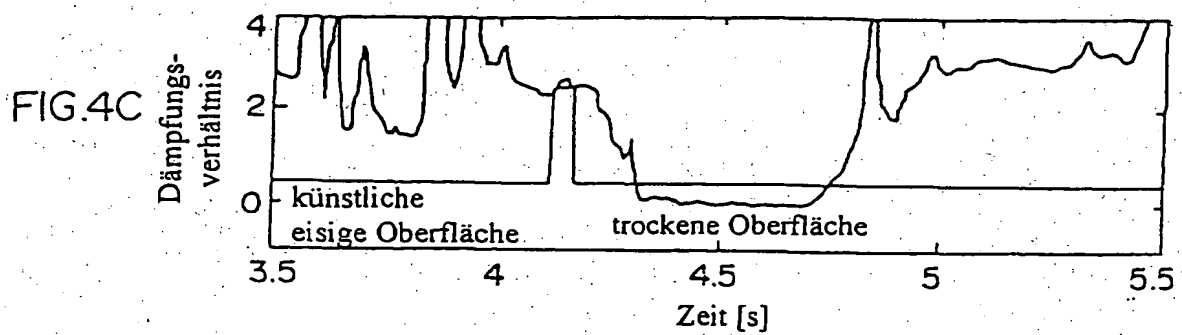
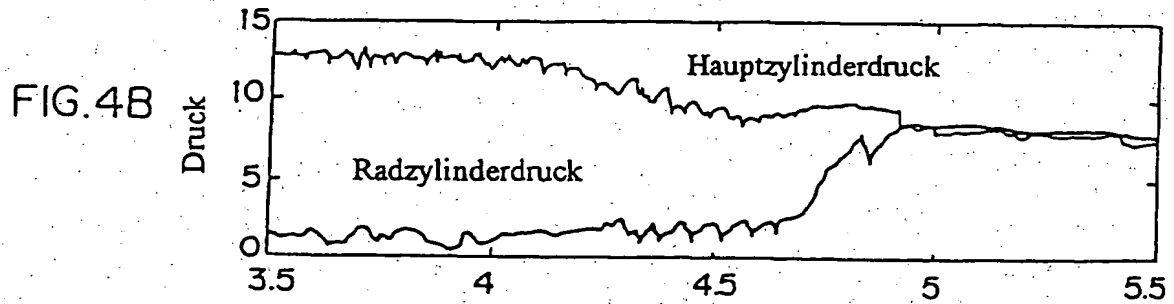
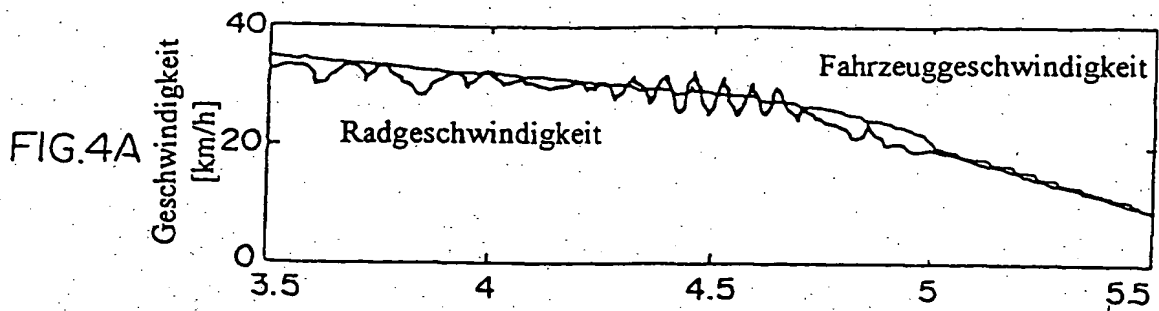
FIG. 2



Aufhängung-Reifen-Resonanz-Modell



Verhältnis zwischen Fahrbahnoberflächen- μ -gradienten und
Aufhängung-Reifen-Resonanz-Eigenschaften



Ermittlung eines Dämpfungsverhältnisses
einer Radgeschwindigkeitsbewegung

FIG.5A

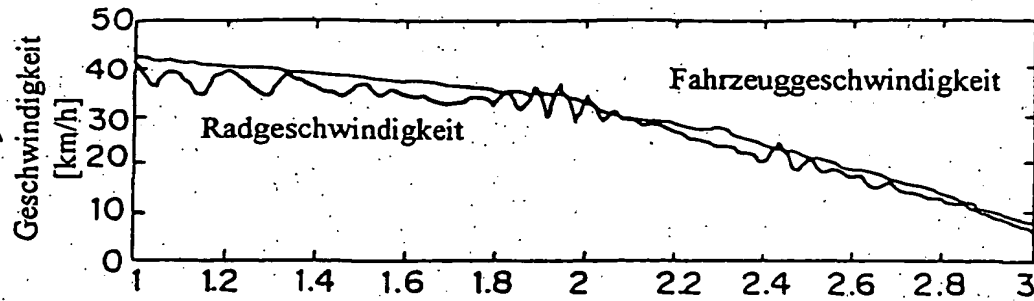


FIG.5B

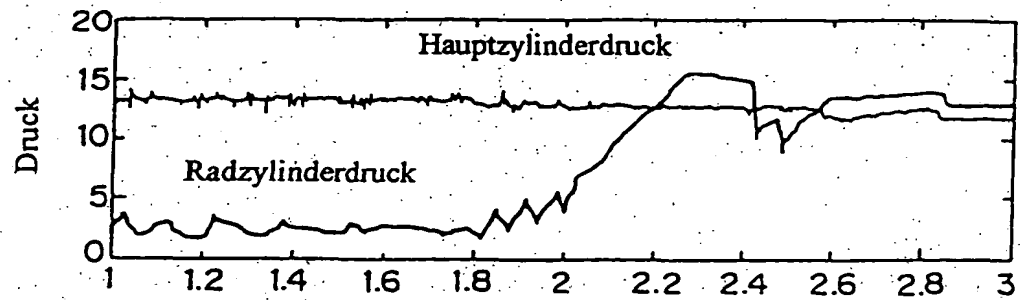
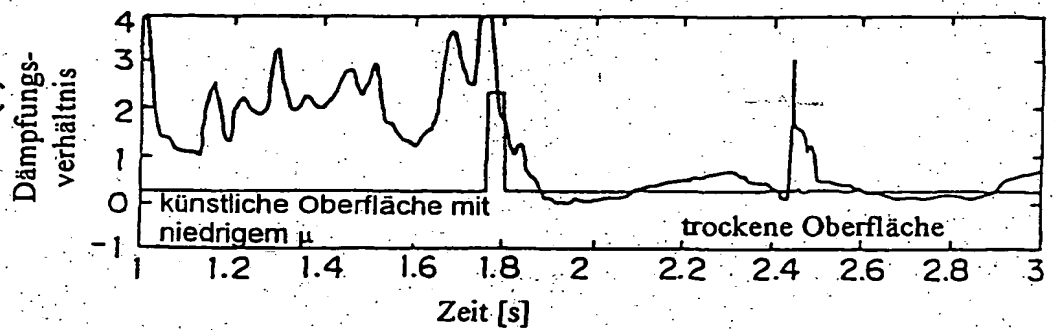


FIG.5C



Steuerung, die Schätzwert eines Dämpfungsverhältnisses verwendet

FIG. 6

